(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

УДК: 629.3.027.5 10.70769/3030-3214.SRT.3.2.2025.15

ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕМОНТА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Истаблаев Февзи Фератович

Старший научный сотрудник Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан, Навои, Узбекистан
E-mail: fevzi_xkm@mail.ru
ORCID ID: 0000-0003-2808-6566

Атакулов Лазизжон Нематович

Доктор технических наук, профессор, Навоийский государственный горный и технологический университет, Навои, Узбекистан
E-mail: laziz218@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-3561-8850

Хайдаров Шохиджон Бахридинович

Кандидат технических наук, доцент, Навоийский государственный горный и технологический университет, Навои, Узбекистан
E-mail: Shohidh@mail.ru
ORCID ID: 0009-0005-5661-3919

Аннотация. *В условиях интенсификации открытых горных работ и роста парка карьерной техники вопросы эффективной эксплуатации и технического обслуживания крупногабаритных и сверхкрупногабаритных шин приобретают особую актуальность. Данная статья посвящена анализу причин износа шин карьерных автосамосвалов и рассмотрению метода горячей вулканизации как основного способа их восстановления. Установлено, что наибольшему риску повреждений подвержены протектор и боковины шин, а характер дефектов носит разнообразный и зачастую комбинированный характер. Метод горячей вулканизации обеспечивает восстановление механических свойств шин и существенное продление их срока службы при условии строгого соблюдения технологических регламентов. Рассмотрены ключевые этапы восстановления, включая подготовку, зачистку, нанесение ремонтных материалов, термообработку и косметический ремонт. Отмечена высокая трудоемкость процесса и необходимость его дальнейшей оптимизации, в том числе за счет автоматизации и совершенствования технологических решений. Кроме того, предложено рассматривать возможность конструктивных изменений в самих шинах и колесах с целью повышения их износостойкости. Полученные результаты могут быть полезны при разработке регламентов технического обслуживания и совершенствовании систем ремонта карьерной техники.*

Ключевые слова: *карьерные автосамосвалы, ремонт и восстановление шин, горячая вулканизация, техническое обслуживание, резина, протектор, износ шин.*

KARYER AVTOSAMOSVALLARINING KATTA O‘LCHAMLI SHINALARINI TA’MIRLASH USULLARINI KO‘RIB CHIQISH VA TAHLIL QILISH

Istablayev Fevzi Feratovich

O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Navoiy bo‘limi katta ilmiy xodimi, Navoiy, O‘zbekiston

Ataqulov Lazizjon Nematovich

Texnika fanlari doktori, professor, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O‘zbekiston

Haydarov Shoxidjon Bahridinovich

Texnika fanlari nomzodi, dotsent, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O‘zbekiston

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

Annotatsiya. *Ochiq kon ishlarining jadallashuvi va karyer texnikasi parkining o‘sishi sharoitida katta o‘lchamli va o‘ta katta o‘lchamli shinalardan samarali foydalanish va ularga texnik xizmat ko‘rsatish masalalari alohida dolzarblik kasb etmoqda. Ushbu maqola karer avtosamosvallari shinalarining yeyilish sabablarini tahlil qilishga va ularni tiklashning asosiy usuli sifatida issiq vulqonlash usulini ko‘rib chiqishga bag‘ishlangan. Shikastlanishning eng katta xavfi protektor va shina yon tomonlariga to‘g‘ri kelishi, nuqsonlarning tabiati esa turli xil va ko‘pincha kombinatsiyalangan xususiyatga ega ekanligi aniqlandi. Issiq vulqonlash usuli texnologik reglamentlarga qat’iy rioya qilgan holda shinalarning mexanik xususiyatlarini tiklash va ularning xizmat muddatini sezilarli darajada uzaytirishni ta’minlaydi. Tiklashning asosiy bosqichlari, jumladan tayyorlash, tozalash, ta’mirlash materiallarini qo‘llash, issiqlik bilan ishlov berish va kosmetik ta’mirlash ko‘rib chiqilgan. Jarayon ko‘p mehnat talab qilishi, uni yanada optimallashtirish, jumladan, texnologik yechimlarni avtomatlashtirish va takomillashtirish zarurligi ta’kidlandi. Bundan tashqari, shinalar va g‘ildiraklarning yeyilishga chidamliligini oshirish maqsadida ularning o‘zida konstruktiv o‘zgarishlarni amalga oshirish imkoniyatini ko‘rib chiqish taklif etilgan. Olingan natijalar texnik xizmat ko‘rsatish reglamentlarini ishlab chiqishda va karyer texnikasini ta’mirlash tizimlarini takomillashtirishda foydali bo‘lishi mumkin.*
Kalit so‘zlar: *karyer avtosamosvallari, shinalarni ta’mirlash va tiklash, issiq vulkanizatsiya, texnik xizmat ko‘rsatish, rezina, protektor, shinalarning yeyilishi.*

REVIEW AND ANALYSIS OF REPAIR METHODS FOR LARGE-SIZE TIRES OF MINING DUMP TRUCKS

Istablaev Fevzi Feratovich
Senior Research Fellow of the Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Navoi, Uzbekistan

Ataqulov Lazizjon Nematovich
Doctor of Technical Sciences, Professor, Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan

Haydarov Shoxidjon Bahridinovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan

Abstract. *In the context of the intensification of open-pit mining and the growth of the quarry machinery fleet, the issues of efficient use and maintenance of oversized and ultra-large tires are becoming particularly relevant. This article is devoted to the analysis of the causes of tire wear of quarry dump trucks and the consideration of the hot vulcanization method as the main method of their restoration. It was established that the greatest risk of damage falls on the sides of the tread and tire, and the nature of the defects is diverse and often combined. The hot vulcanization method, in strict accordance with technological regulations, ensures the restoration of the mechanical properties of tires and a significant increase in their service life. The main stages of restoration are considered, including preparation, cleaning, application of restoration materials, heat treatment, and cosmetic restoration. It was noted that the process is labor-intensive and requires further optimization, including the automation and improvement of technological solutions. In addition, in order to increase the wear resistance of tires and wheels, it is proposed to consider the possibility of implementing design changes in them themselves. The obtained results can be useful in the development of maintenance regulations and the improvement of quarry equipment repair systems.*
Keywords: *quarry dump trucks, tire repair and restoration, hot vulcanization, maintenance, rubber, tread, tire wear.*

Введение. Среди различных способов транспортировки горной массы при добыче полезных ископаемых автомобильный транспорт получил наибольшее распространение. Это связано с тем, что автосамосвалы обладают такими преимуществами, как высокая маневренность, способность преодолевать значительные уклоны, а также мобильность в условиях открытых горных разработок.

Значительная доля эксплуатационных зат-

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

рат при автомобильной транспортировке полезных ископаемых — порядка 25–30% и более — приходится на расходы, связанные с шинами карьерных самосвалов [1, 2, 3]. В связи с этим одним из приоритетных направлений в области повышения эффективности горных работ является снижение эксплуатационных затрат на транспорт, в том числе за счет организации ремонта и восстановления шин, обеспечивающих работоспособность техники.

Литературный анализ и методы. Срок службы крупногабаритных шин, применяемых на карьерных самосвалах, как правило, ограничивается износом протекторного рисунка либо преждевременным выходом из строя вследствие разрушения каркаса и расслоения протектора.

В научной литературе накоплен значительный объем исследований, посвященных проблемам износостойкости шин и путям увеличения их эксплуатационного ресурса. Особое внимание в этих работах уделяется влиянию различных эксплуатационных, конструктивных и технологических факторов на ходимость шин и нормируемую продолжительность их службы. Существенный вклад в изучение данных вопросов внесли исследователи из Узбекистана Э.К. Абдуллаев, Т.С. Камалов, А.А. Мухитдинов, А.А. Шермухамедов, У.Б. Юсупов, Р.Х. Рахимов, Т.В. Цой, стран Содружества Независимых Государства - В.Ф. Бабков, Б.Л. Бухин, В.Г. Варченко, С.В. Горюнов, В.П. Ковальчук, А.Г. Кульпин, О.В. Лебедев, Е.Ф. Непомнящий, В.А. Топалиди, стран дальнего зарубежья - C.S. Baker, R.H. Bacon, L. Segel, S.K. Clark, M.K. Verma.

Согласно исследованиям [4], проведенным на филиале «Кедровский угольный разрез» ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» (Российская Федерация) Основными причинами недоиспользования ресурса шин являются естественный износ протектора (81%), усталостные и тепловые разрушения, приводящие к отслоению протектора, расслоению корда, повреждению боковин (15%), механические повреждения, к которым относятся порезы, проколы, разрушение грунтозацепов (3%), а также производственные дефекты (1%), не выявленные при заводском контроле качества.

Кроме того, на долговечность и работоспособность шин карьерных самосвалов оказывает влияние совокупность эксплуатационных и технологических факторов. Среди них ключевое значение имеют физико-механические характеристики транспортируемой горной массы, в частности ее средняя плотность и твердость. Значительное влияние оказывает корректность загрузки автосамосвала, включая равномерность распределения груза в кузове, что способствует снижению локальных перегрузок и неравномерного износа шин. Немаловажным фактором также является состояние и конструктивные особенности дорожного полотна, по которому осуществляется транспортировка: тип покрытия, его ровность, а также параметры продольного и поперечного уклона. Все перечисленные условия напрямую влияют на уровень динамических нагрузок, воспринимаемых шинами, и, как следствие, определяют их эксплуатационный ресурс.

Одним из ключевых факторов, способствующих неравномерному износу шин карьерных автосамосвалов, является движение по виражам малого радиуса на повышенных скоростях. В таких условиях наблюдается характерный конусообразный износ шин задней оси, а также формирование пилообразного износа шин передней оси, обусловленного боковым сносом (волочением) в процессе прохождения крутых поворотов [5].

Разработано значительное число классификаций факторов, оказывающих влияние на ресурс шин. Согласно В.Г. Варченко, эти факторы целесообразно подразделять на конструктивно-технологические, эксплуатационные и дорожно-климатические. При этом первые две категории он относит к управляемым параметрам, в то время как дорожно-климатические условия рассматриваются как учитываемые. Н.Я. Говорущенко, а также ряд других исследователей, предлагают иную классификацию эксплуатационных факторов, выделяя три основные группы: дорожные, природно-климатические и транспортные условия. В отдельных научных работах дополнительно акцентируется внимание на влиянии сезонных условий и коррозионных воздействий,

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

предлагаемых к учету как самостоятельные категории [6, 7].

Износ шин автосамосвалов носит разный характер и подразделяется на усталостный, посредством скатывания и абразивный. На практике чаще всего износ носит смешанный характер. Усталостный обусловлен наездом колеса на различные выступы дорожной поверхности и проявляется в больших повреждениях поверхности шин. Износ, возникающий при скатывании, развивается в результате деформации и разрушения резины, из которой выполнена шина, под действием повышенных нагрузок. Эти нагрузки усиливают сдвиговые напряжения, что, в свою очередь, нарушает целостность резины и сопровождается ростом температуры. В результате резина теряет свою прочность и превращается в рваные клочья со следами выпуклостей и углублений. Абразивный износ характеризуется наличием царапин, надрывов и срезов на поверхности шины. В основном он происходит на участках дорог с щебеночным покрытием и в пределах карьеров со скальным грунтом дорог. Степень износа определяется объемом поврежденной резины [6].

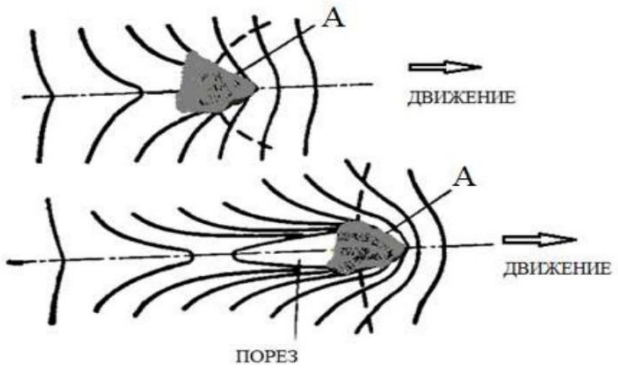

Рис.1. Схема деформации и пореза поверхности шины острым выступом породы А.

При контакте протектора с острым выступом породы сцепление больше, чем при контакте с тупым выступом, что приводит к более интенсивному разрушению материала шины. В некоторых случаях одного прохождения по острому фрагменту породы достаточно для возникновения порезов и раздиров отдельных участков протектора. На рис.1 схематично представлено изменение равномерно нанесенных линий на поверхности шины, что указывает на возникновение концентрации напряжений в области контакта с острым выступом породы, обозначенным как точка А.

Несмотря на максимальную концентрацию напряжения в передней зоне контакта с острым элементом, адгезия препятствует порезу протектора в этой зоне. Порезы и раздиры чаще всего происходят в точке отделения шины от острого выступа и ориентированы поперечно к направлению скольжения. Следовательно, можно заключить, что для острых выступов причиной истирания является локальная концентрация напряжения, вызванная фрикционной адгезией, а также механическим зацеплением между вершиной выступа и шиной. При этом химический состав протекторной резины оказывает незначительное влияние на характер разрушения. После образования первичного пореза или раздира, он разрастается под прямым углом к направлению скольжения и при последующих проходах абразива частицы резины отделяются в зонах этих повреждений.

Регулярный смотр шин позволяет своевременно выявить подобные повреждения и предупредить аварийные ситуации. При обнаружении глубокого повреждения, достигающего защитных, брекерных или основных металлокордных слоев шины, ее следует направить в ремонт. Коррозия металлокорда, при последующей эксплуатации без ремонта, становится причиной расслоений, потери прочности каркаса и преждевременному выходу из строя всей шины [8].

Результаты. Сегодня на карьерных автосамосвалах используются бескамерные шины, конструкция которых подразделяется на диагональную и радиальную.

Основной силовой частью диагональной шины (рис.2а) является каркас, на которую действуют внутреннее давление воздуха, нагрузки от веса машины, а также тяговых, тормозных и боковых сил. Каркас состоит из нескольких слоев обрезиненного корда, которые укладываются друг на друга таким образом, что нити в соприкасающихся слоях взаимно перекрещиваются. Несущая способность шины зависит от количества слоев каркаса и

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

характеристик материала, из которого они изготовлены.

На рис.2б представлена шина радиальной конструкции. Ее принципиальное отличие от диагональной заключается в том, что нити корда каркаса не перекрещиваются, а располагаются от борта к борту и параллельны друг другу во всех слоях. Основную нагрузку от внутреннего давления в таких шинах воспринимает брекер, который состоит из нескольких слоев жесткого корда, образующий гибкий пояс, охватывающий каркас шины по беговой дорожке.

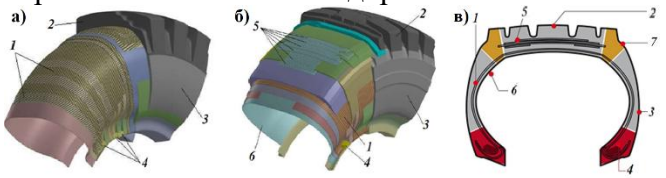

Рис.2. Шины диагональной (а) и радиальной конструкций (б):

1 – каркас; 2 – протектор (зона протектора); 3 – боковина; 4 – бортовое кольцо (бортовая зона); 5 – брекер; 6 – герметизирующий слой; 7 – плечевая зона.

По сравнению с диагональными, радиальные шины обладают рядом эксплуатационных преимуществ: улучшенное сцепление с дорожным покрытием, повышенные тяговые качества, высокий коэффициент использования грузоподъемности (ТКВЧ), увеличенный ресурс износостойкости, лучшая устойчивость к повреждениям и проколам, а также способность выдерживать более высокие нагрузки [9].

Конструкцию любой шины также можно разделить на зоны: зона протектора, плечевая зона, боковина и бортовая зона (рис. 2в). При этом последняя считается неремонтируемой. А именно сквозные повреждения в области борта не подлежат ремонту [10, 11, 12].

Кроме того, местному ремонту не подлежат шины, имеющие более двух сквозных повреждений, включая ранее отремонтированные; с повреждениями, расположенными ближе 400 мм от пятки борта; при наличии расслоений каркаса, если их максимальный размер превышает допустимые пределы либо они находятся на участке, длина которого составляет менее пятой части окружности шины. Ремонт не проводится, если выявлен излом или разрушение борта, произошло кольцевое разрушение герметизирующего слоя, а также в случаях, когда шина длительное время находилась под воздействием нефтепродуктов или других химических веществ, вызывающих набухание резины.

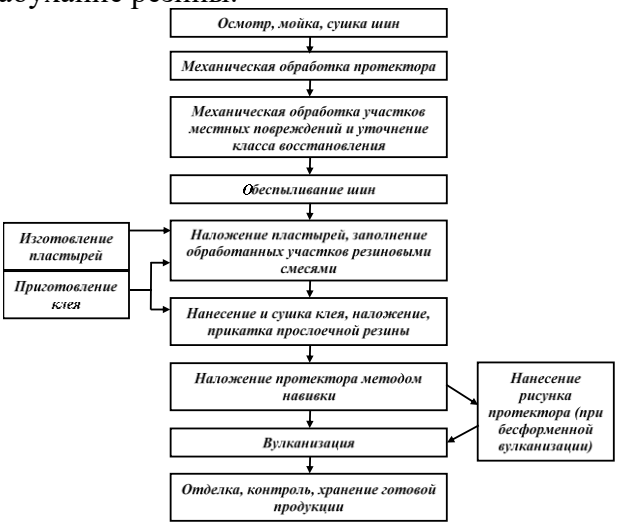

Рис.3. Схема технологического процесса восстановления шин карьерных автосамосвалов.

В то же время ремонт локальных повреждений, не относящихся к перечисленным критическим случаям, позволяет продлить срок службы шин, ресурс которых еще не исчерпан. Это особенно актуально для шин, выведенных из эксплуатации в результате сквозных или поверхностных механических повреждений, возникших в области беговой дорожки или боковой поверхности. При этом рекомендуется ремонт шин, остаточная глубина протектора которых обеспечивает экономически целесообразную наработку после ремонта и максимальный размер сквозных повреждений не превышает 250 мм [9, 13].

В сфере восстановления крупногабаритных шин метод горячей вулканизации занимает центральное место благодаря своей высокой эффективности и способности восстанавливать исходные эксплуатационные характеристики поврежденной продукции. Данный подход требует комплексного соблюдения технологических процедур, начиная с диагностики и подготовки, включая механо-химическую обработку, установку пластырей, проведение термообработки и завершая косметическим ремонтом [10, 11, 14, 15, 16, 17].

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

Карьерные автосамосвалы комплектуются двумя принципиально различными типами шин: крупногабаритными (18.00-25, 21.00-33) для техники грузоподъемностью 27-40 тонн и сверхкрупногабаритными (27.00-49, 33.00-51, 40.00-57) для машин 75-180 тонн. Различия между ними обусловливают некоторые особенности технологии их ремонта, однако принципиально технологические процессы их восстановления совпадают.

Последовательность технологических операций процесса восстановления шин и карьерных автосамосвалов представлена на рис. 3.

Первоначальный этап любого восстановительного процесса заключается в дефектовке и сушке поврежденной шины. Диагностика шин, особенно сверхкрупногабаритных, должна быть комплексной: оцениваются износ протектора, состояние каркаса, наличие сквозных повреждений и отслоений [14], [16]. Особое внимание уделяется сушке: при наличии влаги в каркасе, особенно у диагональных шин, образование пара в процессе вулканизации может привести к разрушению резинового слоя [11].

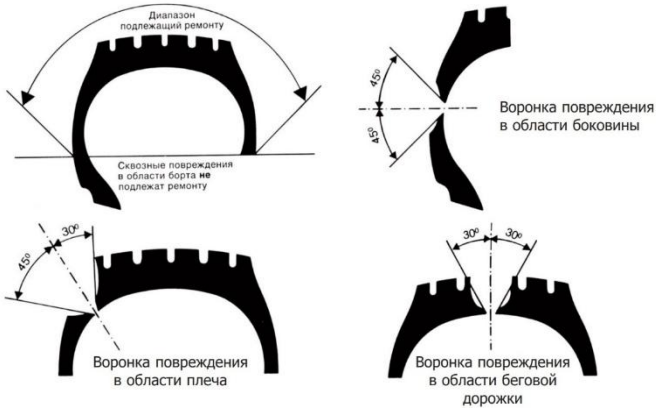

Рис.4. Схемы допустимых форм и размеров воронки повреждения для шин диагональной конструкции.

Механическая обработка повреждений является ключевым этапом, от качества которого зависит эффективность последующего сцепления ремонтных материалов с корпусом шины. Необходимо ограничить повреждение в области корда (скруглить концы трещин) и разделать воронкообразно. Воронка повреждения в области плеча и беговой дорожки должна быть разделана под углом прибл. 30-45°, больший угол допускается, меньший нежелателен. Эти углы немного отличаются для шин диагональной (рис.4) и радиальной (рис.5) конструкций [11].

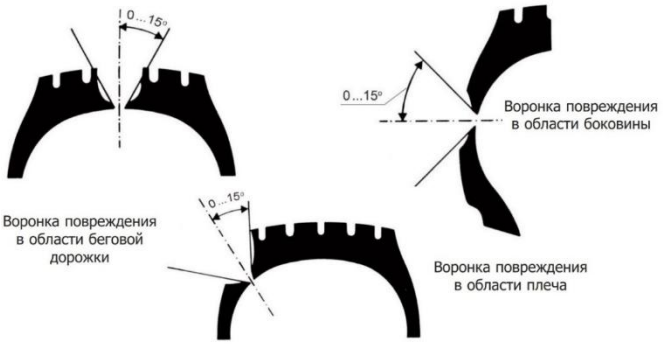

Рис.5. Схемы допустимых форм и размеров воронки повреждения для шин радиальной конструкции.

Для зачистки применяются специализированные инструменты: проволочные щетки на малых оборотах (750–2500 об/мин), игольчатые шерохователи и контурные круги. Обработку необходимо производить очень осторожно, чтобы не повредить нити корда и контролировать температуру, чтобы не допустить перегрева и подгорания резины. Поверхность должна быть равномерно шероховатой, без включений пыли или остатков старой резины [11, 14, 17].

При ремонте шин методом горячей вулканизации сначала устанавливается пластырь, а затем производят заполнение сырой резиной воронки повреждения и процесс вулканизации происходит одновременно.

Подготовленная поверхность обезжиривается, пылесосится и обрабатывается клеевым терморастворм, который наносится в два слоя с промежуточной сушкой. Ориентиром готовности к следующему этапу служит легкое прилипание при касании тыльной стороной пальца. В случае пересушивания второго слоя допустимо нанесение третьего. Не допускается контакт клеевой поверхности с маслами или влагой, особенно при использовании сжатого воздуха — это может привести к нарушению адгезии и браку [11].

Установка пластырей — ответственный технологический шаг. Он требует строгого согласования типа пластыря с зоной повреждения и конструкцией шины. В случае боковых повреждений применяются пластыри специаль-

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

ной конфигурации (например, с маркировкой «Б») [10]. Пластырь устанавливается строго по центру повреждения, с ориентацией по вспомогательным линиям, а его прикатывание выполняется пневматическим молотком или аналогичным уплотняющим устройством [11]. Защитная пленка удаляется постепенно — от центра к краям, с одновременным разглаживанием поверхности во избежание воздушных включений.

Следующим этапом является заполнение внутренней части повреждения сырой резиной соответствующего состава. Ее втапливают в сформированную воронку и прокатывают до плотного прилегания. Воронку повреждения заполняют сырой резиной, как показано на рис. 6. в последовательности А, В. Для заполнения воронки повреждения сырой резиной используется два варианта работы: ручной и при помощи экструдера [11].

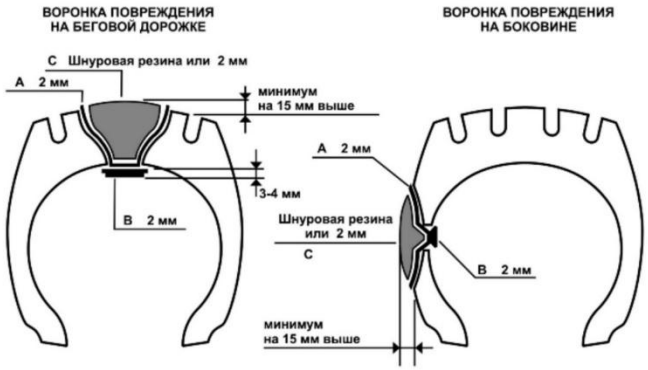

Рис.6. Процесс заполнения сырой резиной воронки повреждения.

Процесс вулканизации, как завершающая стадия, требует точного соблюдения временно-температурного режима. Согласно технологическим рекомендациям, расчет времени вулканизации осуществляется из расчета 5 минут на каждый миллиметр общей толщины (шина + пластырь). Так, при толщине в 28 мм время вулканизации составит около 3,5 часов. Крайне важно обеспечить равномерный прогрев всей конструкции шины, поскольку локальный перегрев может привести к деформации и браку [11].

После завершения вулканизации выполняется косметический ремонт. Поверхность шлифуется до однородной текстуры, восстанавливается рисунок протектора с использованием профильного оборудования.

Современный рынок предлагает широкий выбор технологий и материалов разных брендов, в том числе Tip-Top, Tech, Schrader, Rossvik, Clipper. Каждый из них имеет в своем активе ассортимент ремонтных пластырей, клеев, мастик, специального инструмента для производства ремонта поврежденных шин разных размеров. [15]. Несмотря на различия в составе используемых материалов, технологические карты производителей показывают единообразие в методах их применения [11, 14]. Это подтверждает наличие устоявшихся стандартов и высокую степень унификации производимых манипуляций.

Перспективы развития технологии горячей вулканизации напрямую связаны с внедрением цифровых систем контроля параметров процесса, разработкой новых композитных материалов и повышением автоматизации операций. Однако основным условием достижения высокого качества ремонта остается неукоснительное соблюдение технологических регламентов и применение надежных, проверенных временем материалов и оборудования [11, 14, 15, 16].

Вместе с тем, ремонт шин крупногабаритной карьерной техники представляет собой не только технически обоснованную, но и экономически целесообразную процедуру, особенно в условиях высоких цен на новую продукцию, производимую как в странах СНГ, так и за рубежом. Средняя стоимость восстановления поврежденной шины составляет от 5 до 15% [13, 15] от цены новой шины, что делает ремонт весьма выгодным решением для предприятий горнодобывающей отрасли. Экономическая эффективность ремонта значительно возрастает в случае восстановления шин ведущих мировых производителей, таких как Dunlop, Goodyear, Bridgestone, Michelin, Yokohama. Это объясняется тем, что стоимость новых импортных шин кратно выше стоимости аналогов, производимых в СНГ, тогда как затраты на их ремонт остаются сопоставимыми.

Обсуждение. Несмотря на высокую эффективность метода горячей вулканизации при восстановлении крупногабаритных шин, процесс остается крайне трудоемким и продолжительным. Длительность восстановления одной крупногабаритной шины может

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

достигать 72 часов, включая все технологические стадии — от дефектовки и зачистки до вулканизации и финишной обработки. В частности, для шины типоразмера 33.00–51 полный цикл восстановления занимает от полутора до двух рабочих дней, что требует четкого соблюдения графика и рационального использования ремонтного оборудования [13, 14, 15].

Кроме того, сушка шин перед ремонтом, которая является подготовительной операцией, также занимает много времени. В частности, сушка может выполняться естественным путем, которая занимает до 7 суток для шин диагональной конструкции, для шин радиальной конструкции достаточно 3-5 дней. Для ускорения процесса допускается сушить место повреждения специальной лампой или струей подогретого воздуха с применением тепловентилятора. При этом нельзя допускать прогрева резины выше 80°С. Для радиальных шин достаточно одного дня сушки с применением тепловентилятора, для диагональных - 2-3 дня [11].

Все это создает значительную нагрузку на ремонтный персонал и требует длительного вывода шины из эксплуатации, что особенно критично в условиях непрерывной работы горнодобывающих предприятий. В связи с этим одной из ключевых проблем остается недостаточная автоматизация отдельных этапов технологического процесса.

Актуальными направлениями для дальнейших исследований и разработок являются внедрение роботизированных систем механохимической обработки, автоматизация нанесения ремонтных материалов, а также цифровизация контроля параметров вулканизации. Повышение уровня автоматизации и внедрение интеллектуальных технологий позволят сократить сроки восстановления, минимизировать влияние человеческого фактора и повысить стабильность качества ремонта.

При этом, как альтернативный вариант можно двигаться в направлении совершенствования конструкции шин в целом, чтобы уменьшить их износ при эксплуатации.

К примеру, в 1950–1960-х годах проводились эксперименты по созданию шин со съемным протектором, который изготавливался в виде отдельных колец, надеваемых на каркас ненадутой шины. Главной предпосылкой таких разработок было стремление снизить эксплуатационные расходы, поскольку протектор — наиболее изнашиваемый элемент шины.

Несмотря на то, что грузовые шины подобной конструкции были запущены в серийное производство и использовались на практике, широкого распространения среди водителей они не получили. Свидетельства очевидцев указывают на серьезные недостатки: кольца нередко плохо фиксировались на каркасе, особенно при снижении давления, что приводило к их смещению и даже слетанию во время движения. При движении на высокой скорости происходило проскальзывание колец, вызывавшее сильный нагрев, вплоть до самовозгорания. Особую опасность такие шины представляли при эксплуатации на неровных дорогах, в условиях глубокой колеи или при пересечении железнодорожных путей. Подобные условия требовали постоянного контроля за положением колец, так как они могли повредить каркас или полностью сойти, что влекло за собой необходимость частых остановок для проверки. Кроме того, как и большинство радиальных шин того периода, эти модели имели слабозащищенную боковину, уязвимую к механическим повреждениям в виде ударов и порезов [18, 19].

На фоне подобных ограничений интерес представляет современное решение от компании MICHELIN — безвоздушное колесо X-Tweel. В отличие от традиционной шины, оно представляет собой монолитную конструкцию, не требующую воздуха. Упругое наружное кольцо с протектором закрепляется к металлическому диску через систему прочных полиуретановых мембран, обеспечивающих эффективную амортизацию неровностей. Дополнительный жесткий слой под протектором обеспечивает устойчивое и равномерное сцепление с дорожным покрытием, способствуя эффективной передаче крутящего момента. Немаловажно, что протектор может восстанавливаться как методом холодной, так и горячей вулканизации многократно [20, 21].

Следует отметить, что указанные техни-

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

ческие решения преимущественно реализуются в конструкции шин легковых и обычных грузовых автомобилей. При этом в открытых источниках отсутствуют данные об их использовании на карьерных автосамосвалах, что указывает на необходимость проведения дополнительных научных исследований в данном направлении.

Заключение. Таким образом, шины карьерных автосамосвалов являются не только критически важным элементом транспортной системы при открытой добыче полезных ископаемых, но и источником значительных эксплуатационных затрат. Проведенный анализ показал, что износ шин обусловлен комплексом факторов: от особенностей конструкции и условий эксплуатации шин до характера дорожного полотна. Наиболее уязвимыми зонами являются протектор и боковины, а характер повреждений — разнообразный, что требует гибкого и технологически обоснованного подхода к ремонту в каждом отдельном случае.

Метод горячей вулканизации, как основная технология восстановления крупногабаритных и сверхкрупногабаритных шин, доказал свою эффективность, обеспечивая продление срока службы изделия и восстановление его эксплуатационных характеристик. Успешное применение данного метода возможно лишь при строгом соблюдении технологических регламентов на всех этапах — от диагностики и подготовки до термообработки и косметического восстановления. С учетом высокой стоимости новых шин и экономической целесообразности их ремонта, развитие и совершенствование технологий горячей вулканизации остается приоритетным направлением в сфере технического обслуживания карьерной техники.

Вместе с тем, трудоемкость и время-затраты требуют проведения дальнейших исследований, направленных на автоматизацию и оптимизацию процесса ремонта и восстановления крупногабаритных шин. Другим перспективным направлением является внесение научно обоснованных изменений в конструкцию шин либо самих колес, направленных на повышение их износостойкости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мухитдинов А.А., Юсупов У.Б. Оценка влияния продольного уклона карьерных дорог на ресурс крупногабаритных шин // Механика ва технология илмий журнали, Т-2023, №2 (11). С. 92-103.
2. Горюнов С.В. Функциональная модель прогнозирования долговечности шин карьерных автосамосвалов // Известия МГТУ «МАМИ» №2 (16), 2013, т. 1. С. 149-154.
3. Мухитдинов А.А., Юсупов У.Б. Оценка влияния продольного уклона карьерных дорог на ресурс крупногабаритных шин // Механика ва технология илмий журнали, Т-2023, №2 (11). С. 92-103.
4. Кульпин А.Г., Стенин Д.В., Кульпина Е.Е. Исследование потока отказов крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов (Investigation of large tires failure flow of quarry dump trucks) // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 6, С.162-167. DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-1-162-167.
5. Юсупов У.Б., Мухитдинов А.А. Результаты анализа маршрутов технологических дорог карьера Мурунтау НГМК. // International journal of theoretical and practical research. Year: 2022 Issue: 12 Volume: 2. P. 9-17.
6. Топалиди В.А., Юсупов У.Б. Износостойкость шин специализированного автотранспорта в карьерных условиях. Т.: Издательство «Avtomsan», 2021. 134 с.
7. Юсупов У.Б., Мухитдинов А.А. Разработка методики прогнозирования ресурса шин специализированного автотранспорта в карьерных условиях. Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития. Монография. Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2023. С. 168-191.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

8. Ефимов В.И., Кротиков О.В. Оценка эффективности эксплуатации крупногабаритных шин на угольных разрезах ОАО «ХК «СДС-Уголь» // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2013. Вып. 2. С. 112-117.
9. Руководство по эксплуатации карьерных и индустриальных шин радиальной и диагональной конструкции. Белшина-2024. 49 с (https://www.belshina.by/cn/about-company/dlya-potrebitelya).
10. Комбинированный ремонт КГШ пластырями SB и S. Данные с сайта Rossvik (https://rossvik.ru/technological-maps/kombinirovannyy-remont-kgsh-plastyryami-sb-i-s/).
11. Технологическая инструкция по ремонту шин карьерной и внедорожной техники методом горячей вулканизации ООО «Термопресс».
12. Как устроена шина. Данные с сайта Rossvik (https://rosava.com/ru/useful_tips/yak-vlashtovana-avtomobilna-shina).
13. Данные с сайта компании ExpaTech (http://www.expt.ru/f2.htm).
14. Щадов И.М., Конюхов В.Ю., Чемезов А.В., Беляевская Т.С. Эффективность восстановления крупногабаритных шин, эксплуатируемых на горных предприятиях // Вестник ИрГТУ №8 (103). 2015. С. 220-227.
15. Юрий Воронков. Ремонт крупногабаритных шин. Данные с сайта dprom.online (https://dprom.online/unsolution/remont-krupnogabaritnyh-shin/).
16. Скорняков Э.С., Кваша Э.Н., Хоменя А.А., Бойков В.П. Эксплуатация и ремонт крупногабаритных шин. – М.: Химия, 191. С. 128.
17. Ремонт КГШ веерным пластырем TRS с заворотом через бортовое кольцо. Данные с сайта Rossvik (https://rossvik.ru/technological-maps/remont-kgsh-veernym-plastyrem-trs-s-zavorotom-cherez-bortovoe-koltso/).
18. Данные с сайта Дзен (https://dzen.ru/a/YQlP8FEL-mJ4poWZ).
19. Данные с порталов Glots.uz и Stroyka.uz.
20. Кучумова А. И снова о крупных шинах: нудо уметь крутиться. Данные с сайта dprom.online (https://dprom.online/unsolution/i-snova-o-krupnogabaritnyh-shinah-nado-umet-krutitsya/).
21. Кучумова А. Совершенно здоровые шины // «Добывающая промышленность» №4 (16). 2019 (https://dprom.online/mtindustry/sovershenno-zdorovye-shiny/).